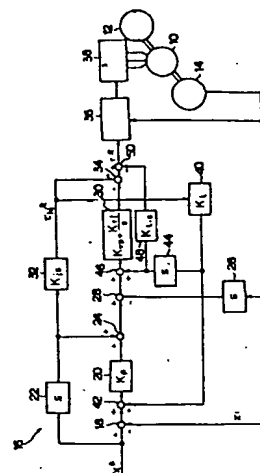


(54) DRIVE CONTROLLER

(11) 4-271290 (A) (43) 28.9.1992 (19) JP
(21) Appl. No. 3-29964 (22) 25.2.1991
(71) OKUMA MACH WORKS LTD (72) KOJI EBA
(51) Int. Cl⁵: H02P5/00, G05D3/12, H02P5/41

PURPOSE: To eliminate synchronization error between respective shafts at the time of acceleration or deceleration, when a plurality of shafts are operated synchronously, by eliminating the difference between a position command X^* and a position X_L at the tip of machine which occurs upon acceleration or deceleration of motor.

CONSTITUTION: The drive controller comprises a motor 10, a machine load 12, a first adder 34, a second adder 42, a third adder 46 and a fourth adder 50. Secondary derivative of a position command is multiplied by a predetermined coefficient and added through the first adder 34 to a torque command value. The sum is then multiplied by a predetermined coefficient and added through the second adder 42 to the position command as a position correcting value. Primary derivative of the position command corrected value is multiplied by a predetermined coefficient and added, as a speed correction value, to the speed command value through the third adder 46. Furthermore, secondary derivative of the position command correction value is multiplied by a predetermined coefficient and added, as a torque correction value, to a torque command value through the fourth adder 50 thus eliminating the difference between a position command X^* and the position X_L at the tip of machine upon acceleration or deceleration thereof.



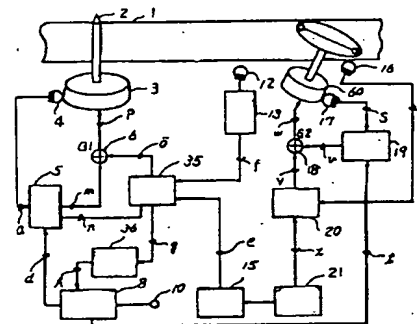
20,40: multiplication, 22,26,32,44: differentiation, 30: proportional integration amplifier, 36: current command operating section, 38: three-phase inverter

(54) CAPSTAN SERVO CONTROLLER

(11) 4-271291 (A) (43) 28.9.1992 (19) JP
(21) Appl. No. 3-29845 (22) 25.2.1991
(71) HITACHI LTD (72) KOJI FUJITA(1)
(51) Int. Cl⁵. H02P5/00, G11B15/46, G11B15/467

PURPOSE: To shorten response time in phase control of capstan by providing a speed offset means for compensating the speed control when phase error information outputted from a phase comparing means exceeds a preset phase error threshold.

CONSTITUTION: A reference signal outputted from a reference signal generating circuit 21 is subjected to phase shift by the amount of tracking variation through a variable delay circuit 15 and then fed, as a capstan phase control reference signal (e), to a phase control circuit 35. On the other hand, a control signal recorded on a magnetic tape is reproduced through a control head 12 and then processed through a control signal reproducing unit 13 and fed, as a reproduction control signal (f), to the phase control circuit 35. The phase control circuit 35 operates the phase difference (g) between the reproduced control signal (f) and the capstan phase control reference signal (e) and delivers speed offset data (h), corresponding to phase difference thresholds set in step by a speed offset command unit 36, to a speed command signal generator 8 thus modifying a target speed.



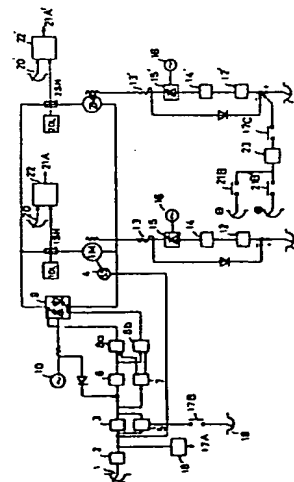
5: speed control, 19: speed control, 20: phase control

(54) MOTOR CONTROLLER

(11) 4-271292 (A) (43) 28.9.1992 (19) JP
(21) Appl. No. 3-30279 (22) 25.2.1991
(71) TOSHIBA CORP (72) AKIHIRO TERAZONO
(51) Int. Cl.⁵ H02P5/46, H02P5/178

PURPOSE: To obtain a motor controller which can operate a plurality of separately excited DC motors, being driven through a common power supply at maximum capacities.

CONSTITUTION: The motor controller comprises an acceleration/deceleration detecting circuit 18 which detects output from an acceleration limiting circuit 2 and turning a switch 17B ON and a current limit setter 19 for increasing the current limit value of a thyristor Ward-Leonard system during acceleration/deceleration. The motor controller further comprises comparators 22, 22' for comparing maximum allowable current values set in current setters 20, 20' with the armature current of each DC motor and turning switches 21B, 21B' ON when the armature current is large and an integrating circuit 23 to be fed with a positive or negative signal through the switch 21B or 21B' and increasing or decreasing the field current of a DC motor 2M based on thus received signal.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-271290

(43) 公開日 平成4年(1992)9月28日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 2 P 5/00		X 9063-5H		
G 0 5 D 3/12	3 0 6	P 9179-3H		
H 0 2 P 5/00		L 9063-5H		
5/41	3 0 2	M 8209-5H		

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平3-29964

(22) 出願日 平成3年(1991)2月25日

(71) 出願人 000149066

オークマ株式会社

愛知県名古屋市中区辻町1丁目32番地

(72) 発明者 江場 浩二

愛知県丹羽郡大口町下小口5丁目25番地の
1 株式会社大隈鐵工所大口工場内

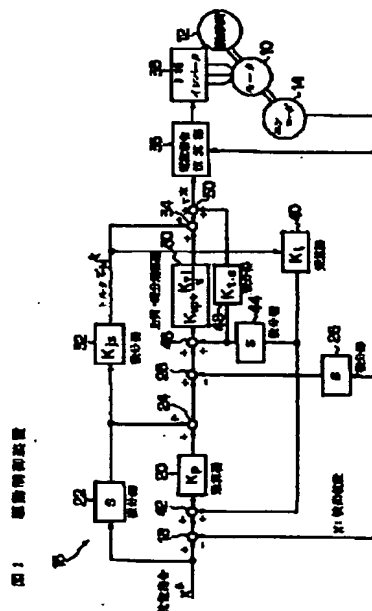
(74) 代理人 弁理士 金山 敏彦 (外2名)

(54) 【発明の名称】 駆動制御装置

(57) 【要約】

【目的】 モータの加減速時において発生する機械の先端部の位置 X_1 と位置指令 X^* との偏差をなくし、複数軸を同期して動作させた場合に、加減速時に各軸間の同期誤差を発生させない。

【構成】 モータ10、機械負荷12、第1の加算器34、第2の加算器42、第3の加算器46、第4の加算器50を備える。位置指令の2次導関数の所定係数倍を第1の加算器34によりトルク指令値に加算する。トルク指令値の加算値の所定係数倍を第2の加算器42により位置補正值として位置指令に加算する。位置指令補正值の1次導関数の所定係数倍を第3の加算器46により速度補正值として速度指令に加算する。位置指令補正值の2次導関数の所定係数倍を第4の加算器50によりトルク補正值としてトルク指令値に加算し、加減速時の機械先端部の位置 X_1 と位置指令 X^* との偏差をなくす。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 モータにより駆動される機械負荷と、モータの回転位置を検出するエンコーダとを備え、エンコーダが検出するモータの検出位置と位置指令とから速度指令値、トルク指令値を導き出してモータの入力電流を制御することにより機械負荷の位置および速度を制御する駆動制御装置において、位置指令の時間に対する2次導関数の所定係数倍をトルク指令値に対して加算する第1の加算手段と、トルク指令値に対する第1の加算手段の加算値の所定係数倍を位置補正值として位置指令に対して加算する第2の加算手段と、位置指令補正值の時間に対する1次導関数を速度補正值として速度指令に加算する第3の加算手段と、位置指令補正值の時間に対する2次導関数の所定係数倍をトルク補正值としてトルク指令に加算する第4の加算手段と、を備えることを特徴とする駆動制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、モータにより駆動される機械負荷と、モータの回転位置を検出するエンコーダとを備え、エンコーダが検出するモータの検出位置と位置指令とから速度指令値、トルク指令値を導き出してモータの入力電流を制御することにより機械負荷の位置および速度を制御する駆動制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、モータにより駆動される機械負荷と、モータの回転位置を検出するエンコーダとを備え、エンコーダが検出するモータの検出位置と位置指令とから速度指令値、トルク指令値を導き出してモータの入力電流を制御することにより機械負荷の位置および速度を制御する駆動制御装置が知られている。この駆動制御装置は、図4に示すように、モータ10により駆動される機械負荷12と、モータ10の回転位置を検出するエンコーダ14と、エンコーダ14が検出する機械負荷12の位置および速度を制御する駆動制御部16とから構成されている。そして、駆動制御部16は、位置指令 X^* からエンコーダ14が検出した検出位置 X を減算する減算器18と、減算器18が算出した位置偏差 $D1ff$ に位置ループのゲイン係数 Kp を乗ずる乗算器20と、位置指令 X^* の時間に対する1次導関数 $(X^*)'$ を求める微分器22と、微分器22が求めた1次導関数 $(X^*)'$ と乗算器20が算出した V_{diff} とを加算して速度指令 V^* を求める加算器24と、加算器24が算出した速度指令 V^* からエンコーダ14が検出した検出位置 X を微分器26により微分した結果を引いて速度偏差 ΔV を求める減算器28と、減算器28により算出した速度偏差 ΔV を比例積分増幅する比例積分増幅器30と、微分器22が求めた1次導関数 $(X^*)'$ を更に微分すると共に所定係数 Kj を乗じる微分器32と、微分器32の出力 $Kj(X^*)''$ と比例積分増幅器30の

出力とを加算してトルク指令 T^* を求める加算器34と、加算器34が算出したトルク指令 T^* とエンコーダ14が検出した検出位置 X とに基づいて3相電流指令 I^* を求める電流指令演算部36と、電流指令演算部36が算出した3相電流指令 I^* に基づきモータ10へ供給する電流を制御するインバータ38とから構成されている。

【0003】 次に動作について説明する。位置指令 X^* は、モータ10の回転位置を検出するエンコーダ14が検出した検出位置 X と共に減算器18に入力され、位置偏差 $D1ff$ が求められる。そして、位置偏差 $D1ff$ は、乗算器20に入力され、位置ループのゲイン係数 Kp を乗ぜられて V_{diff} となる。一方、微分器22により位置指令 X^* の時間に対する1次導関数 $(X^*)'$ を求める、1次導関数 $(X^*)'$ と V_{diff} とは加算器24に入力されて加算され速度指令 V^* となる。更に、速度指令 V^* は減算器28によりエンコーダ14が検出した検出位置 X を微分器26により微分した結果を差し引いて速度偏差 ΔV が求められる。また、位置指令 X^* の時間に対する1次導関数 $(X^*)'$ は微分器32により加速度成分が求められると共に所定係数 Kj を乗じられて $Kj(X^*)''$ となる。一方、速度偏差 ΔV は比例積分増幅器30により比例積分増幅され、比例積分増幅器30の出力は加算器34により微分器32の出力 $Kj(X^*)''$ と加算されてトルク指令 T^* となる。そして、トルク指令 T^* は電流指令演算部36に入力され、電流指令演算部36は、トルク指令 T^* とエンコーダ14が検出した検出位置 X とに基づいて3相電流指令 I^* を求めてインバータ38へ出力し、インバータ38からモータ10への電流を制御する。以上のようにして、モータ10の位置 X と位置指令 X^* は位置偏差 $D1ff$ が「0」となるようにフィードバック制御され、その結果モータ10に接続される機械負荷の位置 X' は位置指令 X^* に追従する。なお、微分器32の所定係数 Kj は、モータ10のイナーシャ J_1 と機械負荷12のイナーシャ J_2 の合計値 $J_1 + J_2$ が選ばれる。また、モータ10と機械負荷12とが完全剛体である場合には、電流指示演算部36の入力より、エンコーダ14の出力に至る伝達関数は $(1/J_1 + J_2)(1/S^2)$ となり、微分器22、32と直列接続した伝達関数は次式のようになり、 $S \cdot Kj \cdot S \cdot (1/J_1 + J_2)(1/S^2) = Kj/J_1 + J_2 = 1 \cdots (1)$ 外乱が無い場合、位置偏差 $D1ff$ は発生しない。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 従来の駆動制御装置は、以上のように構成されており、モータ10が駆動する機械負荷12が図5に示すようにテーブル52の駆動系であった場合、モータ10の位置 X とテーブル52の位置 X_1 は動的には一致しない。テーブル52を指示案

3

内する案内面は、リニアガイド等の低振動抵抗の機構を用いることにより、停止時におけるXとX'との偏差はサブミクロンに押さえることができる。一方、加速時においては、テーブル52の加速度は0.5G（重力加速度）程度に達し、数100Kg fの力が各部に加わることになる。このため、ベッド54へのモータ10、ボールねじ56の取り付け部、テーブル52のボールねじナット取り付け部等において数10ミクロンのたわみが発生する。この動的なたわみ量は、複数の軸間を同期させる場合に問題となり、特に複合旋盤において可動軸の主軸台と刃物台を切削しながら平行移動させる場合に、切削面に凸凹を発生させる。このたわみ量は、テーブル52にインダクトシン等の検出器を取り付けることにより計測可能であるが、加減速中にフィードバックにより誤差を減少させるには位置ループの応答周波数が不十分である。ここで振動抵抗は、無視できるものとし、ばね定数をKとしてモデルを単純化すると、図5は図6により

4

近似できる。次に、これをブロック線図で表示すると図7のようになり、図7を図2と合わせると、位置指令X*からテーブル位置X_iは図8のブロック線図により得られる。次に、図8のブロック線図より位置指令X*からテーブル位置X_iへの伝達関数F(S)を求めると、第2式のようなになる。

$$【0005】 F(S) = A/B \quad \dots (2)$$

$$\text{ただし、} A = K J S^2 + (K_p + S) (K_{vp} + K_{vi} / S)$$

$$10 \quad B = (J_M + J_L) S^2 + (1 + J_L S^2 / K) (K_p + S) (K_{vp} + K_{vi} / S) + J_M \cdot J_L S^4 / K$$

ここで、剛性が無限大であれば、すなわちばね定数Kが無限大であれば、伝達関数は1となって、

$$【0006】$$

$$【式1】$$

$$【0007】$$

$$\begin{aligned} & \lim_{S \rightarrow \infty} F(S) \\ &= \{ K J S^2 + (K_p + S) (K_{vp} + K_{vi} / S) \} \\ & \quad / \{ (J_M + J_L) S^2 + (K_p + S) (K_{vp} + K_{vi} / S) \} \\ &= 1 \quad \dots (3) \end{aligned}$$

【0008】ただし、 $K_j = (J_r + J_l)$

位置指令 X^* とテーブル位置 X_l とは一致するが、剛性が小さくなるほど、かつ負荷イナーシャ J_l が大きくなるほど伝達関数は1よりずれて偏差が大きくなるという課題があった。

【0009】発明の目的

本発明の目的は、モータの加減速時において発生する機械の先端部の位置 X_l と位置指令 X^* との偏差をなくし、複数軸を同期して動作させた場合に、加減速時に各軸間の同期誤差を発生しない駆動制御装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】この発明に係る駆動制御装置は、モータにより駆動される機械負荷と、位置指令の時間に対する2次導関数の所定係数倍をトルク指令値に対して加算する第1の加算手段と、トルク指令値に対する加算値の所定係数倍を位置補正值として位置指令に対して加算する第2の加算手段と、位置指令補正值の時間に対する1次導関数の所定係数倍を速度補正值として速度指令に加算する第3の加算手段と、位置指令補正值の時間に対する2次導関数の所定係数倍をトルク補正值としてトルク指令値に加算する第4の加算手段と、を備えることを特徴とする。

【0011】

【作用】この発明における駆動制御装置は、位置指令の時間に対する2次導関数の所定係数倍を第1の加算手段によりトルク指令値に対して加算し、トルク指令値に対する加算値の所定係数倍を第2の加算手段により位置補正值として位置指令に対して加算し、位置指令補正值の時間に対する1次導関数の所定係数倍を第3の加算手段により速度補正值として速度指令に加算し、位置指令補正值の時間に対する2次導関数の所定係数倍を第4の加

$$K_j = J_r + J_l \quad \dots (5)$$

$$K_l = J_l / K K_j = J_l / K (J_r + J_l) \quad \dots (6)$$

$$K_t = J_r \cdot J_l / K K_j K_l = J_r \cdot J_l / K (J_r + J_l) \cdot (J_l / K (J_r + J_l)) = J_r \quad \dots (7)$$

第(5)式、第(6)式および第(7)式を第(4)式に代入すると、 $F(S) = 1$ となり位置指令 X^* とテーブル位置 X_l とを一致させることができる。

【0014】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、位置指令の時間に対する2次導関数の所定係数倍を第1の加算手段によりトルク指令値に対して加算し、トルク指令値に対する加算値の所定係数倍を第2の加算手段により位置補正值として位置指令に対して加算し、位置指令補正值の時間に対する1次導関数の所定係数倍を第3の加算手段により速度補正值として速度指令に加算し、位置指令補正值の時間に対する2次導関数の所定係数倍を第4の加算手段によりトルク補正值としてトルク指令値に加算し、トルク指令値によりモータの入力電流を制

*算手段によりトルク補正值としてトルク指令値に加算し、トルク指令値によりモータの入力電流を制御することにより機械負荷の位置および速度を制御する。

【0012】

【実施例】以下、この発明の一実施例を図面に基づいて説明する。なお、図4に示した部分と同じ部分には同一符号を付して説明を省略する。駆動制御装置は、図1に示すように、微分器32の出力 $K_j (X^*)'$ すなわちトルク T_r^* に所定係数 K_l を乗じて $K_l T_r^*$ を出力する乗算器40と、乗算器40の出力 $K_l T_r^*$ を減算器18が算出した位置偏差 $Diff$ に加算する第2の加算手段としての加算器42と、乗算器40の出力 $K_l T_r^*$ を微分する微分器44と、微分器44の出力 $(K_l T_r^*)'$ を減算器28により算出した速度偏差 ΔV に加算する第3の加算手段としての加算器46と、微分器44の出力 $(K_l T_r^*)'$ を更に微分して所定係数 K_t を乗じる微分器48と、微分器48の出力 $K_t (K_l T_r^*)''$ を加算器34が算出したトルク指令 T^* に加算する第4の加算手段としての加算器50と、を備えている。なお、前述した加算器34は第1の加算手段である。ここで、図7で示したように、機械系のモデルを想定すると、図1は図2のようになり、ブロックを図3のように整理し、位置指令 X^* に対する機械位置 X_l の伝達関数 $F(S)$ を求めると、第(4)式が得られる。

$$F(S) = C/D \quad \dots (4)$$

$$\text{ただし、} C = K_j S^2 + (1 + K_j K_l S^2) (K_p + S) (K_v p + K_v i / S) + K_j K_l K_t S'$$

$$D = (J_r + J_l) S^2 + (1 + J_l S^2 / K) (K_p + S) (K_v p + K_v i / S) + J_r \cdot J_l S' / K$$

ここで、 $K_j = J_r + J_l$ 、 $K_j K_l = J_l / K$ 、 $K_j K_l K_t = J_r \cdot J_l / K$ となるように K_j 、 K_l 、 K_t を(5)、(6)、(7)式のように選べば、

$$\dots (5)$$

$$K_l = J_l / K K_j = J_l / K (J_r + J_l) \quad \dots (6)$$

$$K_t = J_r \cdot J_l / K K_j K_l = J_r \cdot J_l / K (J_r + J_l) \cdot (J_l / K (J_r + J_l)) = J_r \quad \dots (7)$$

御することにより機械負荷の位置および速度を制御するように構成したので、モータの加減速時において発生する機械駆動系のたわみ量を予測してフィードフォワード制御することが可能となり、複数軸を同期して動作させた場合に、加減速時の各軸間の同期誤差を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用した駆動制御装置の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明を適用した駆動制御装置の機械系をモデル化した構成を示すブロック図である。

【図3】図2を変形したブロック図である。

【図4】従来の駆動制御装置の構成を示すブロック図である。

【図5】従来の駆動制御装置をテーブル駆動の機械系に適用した構成を示す図である。

【図6】図5の近似モデルを示す図である。

【図7】図6の近似モデルの構成を示すブロック図である。

【図8】従来の駆動制御装置の機械系をモデル化した構

成を示すブロック図である。

【符号の説明】

10 モータ

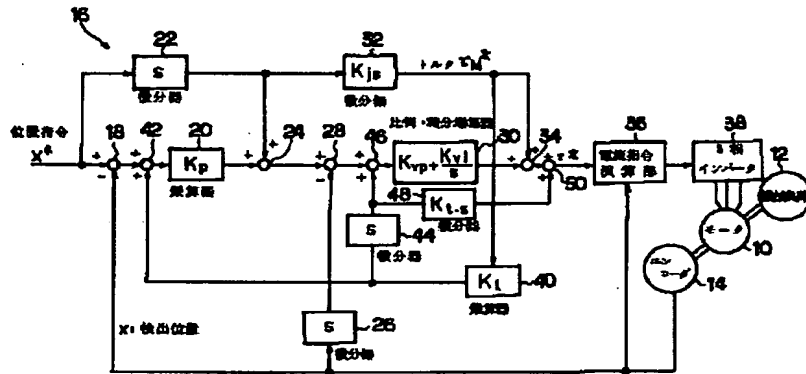
12 機械負荷

14 エンコーダ

34, 42, 46, 50 加算器

【図1】

図1 駆動制御装置

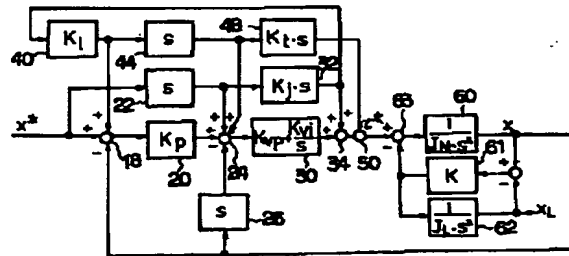


【図2】

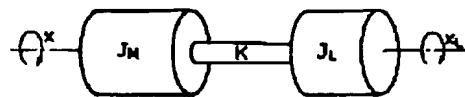
【図6】

図2

図6 近似モデル



【図7】



【図8】

図8

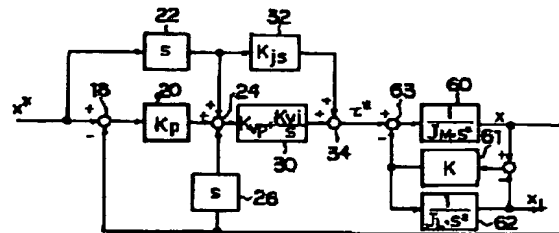
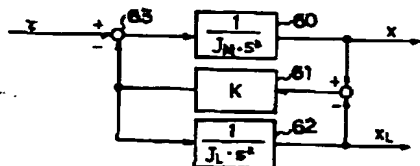
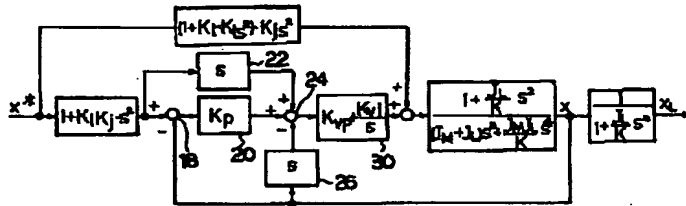


図7 近似モデルのブロック図



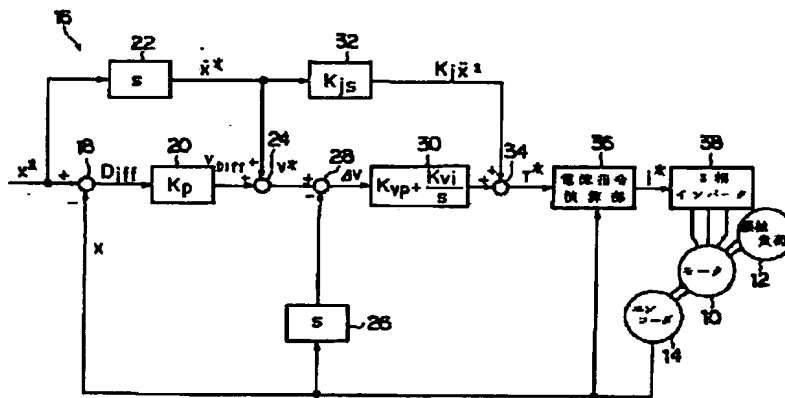
【図3】

図3



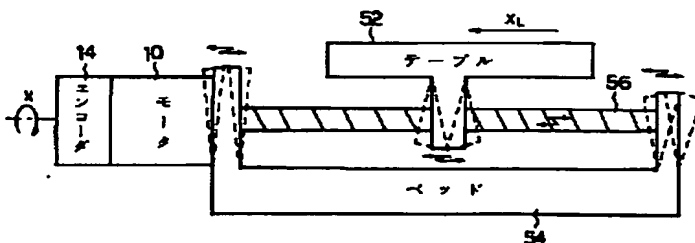
【図4】

図4 従来の駆動制御装置



【図5】

図5 テーブル駆動系



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-271290

(43)Date of publication of application : 28.09.1992

(51)Int.Cl. H02P 5/00
G05D 3/12
H02P 5/41

(21)Application number : 03-029964

(71)Applicant : OKUMA MACH WORKS LTD

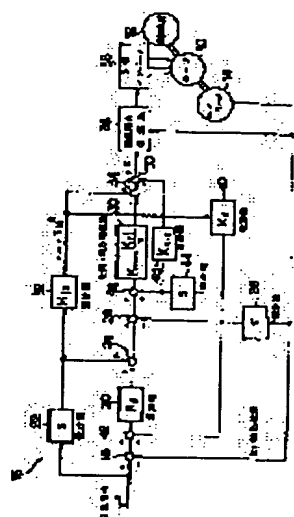
(22)Date of filing : 25.02.1991

(72)Inventor : EBA KOJI

(54) DRIVE CONTROLLER**(57)Abstract:**

PURPOSE: To eliminate synchronization error between respective shafts at the time of acceleration or deceleration, when a plurality of shafts are operated synchronously, by eliminating the difference between a position command X^* and a position X_L at the tip of machine which occurs upon acceleration or deceleration of motor.

CONSTITUTION: The drive controller comprises a motor 10, a machine load 12, a first adder 34, a second adder 42, a third adder 46 and a fourth adder 50. Secondary derivative of a position command is multiplied by a predetermined coefficient and added through the first adder 34 to a torque command value. The sum is then multiplied by a predetermined coefficient and added through the second adder 42 to the position command as a position correcting value. Primary derivative of the position command corrected value is multiplied by a predetermined coefficient and added, as a speed correction value, to the speed command value through the third adder 46. Furthermore, secondary derivative of the position command correction value is multiplied by a predetermined coefficient and added, as a torque correction value, to a torque command value through the fourth adder 50 thus eliminating the difference between a position command X^* and the position X_L at the tip of machine upon acceleration or deceleration thereof.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

【特許請求の範囲】

【請求項1】モータにより駆動される機械負荷と、モータの回転位置を検出するエンコーダとを備え、エンコーダが検出するモータの検出位置と位置指令とから速度指令値、トルク指令値を導き出してモータの入力電流を制御することにより機械負荷の位置および速度を制御する駆動制御装置において、位置指令の時間に対する2次導関数の所定係数倍をトルク指令値に対して加算する第1の加算手段と、トルク指令値に対する第1の加算手段の加算値の所定係数倍を位置補正值として位置指令に対して加算する第2の加算手段と、位置指令補正值の時間に対する1次導関数を速度補正值として速度指令に加算する第3の加算手段と、位置指令補正值の時間に対する2次導関数の所定係数倍をトルク補正值としてトルク指令に加算する第4の加算手段と、を備えることを特徴とする駆動制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、モータにより駆動される機械負荷と、モータの回転位置を検出するエンコーダとを備え、エンコーダが検出するモータの検出位置と位置指令とから速度指令値、トルク指令値を導き出してモータの入力電流を制御することにより機械負荷の位置および速度を制御する駆動制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、モータにより駆動される機械負荷と、モータの回転位置を検出するエンコーダとを備え、エンコーダが検出するモータの検出位置と位置指令とから速度指令値、トルク指令値を導き出してモータの入力電流を制御することにより機械負荷の位置および速度を制御する駆動制御装置が知られている。この駆動制御装置は、図4に示すように、モータ10により駆動される機械負荷12と、モータ10の回転位置を検出するエンコーダ14と、エンコーダ14が検出する機械負荷12の位置および速度を制御する駆動制御部16とから構成されている。そして、駆動制御部16は、位置指令 X^* からエンコーダ14が検出した検出位置 X を減算する減算器18と、減算器18が算出した位置偏差 $Diff$ に位置ループのゲイン係数 K_p を乗ずる乗算器20と、位置指令 X^* の時間に対する1次導関数 $(X^*)'$ を求め、微分器22と、微分器22が求めた1次導関数 $(X^*)'$ と乗算器20が算出した $V_{0.111}$ とを加算して速度指令 V^* を求める加算器24と、加算器24が算出した速度指令 V^* からエンコーダ14が検出した検出位置 X を微分器26により微分した結果を引いて速度偏差 ΔV を求める減算器28と、減算器28により算出した速度偏差 ΔV を比例積分増幅する比例積分増幅器30と、微分器22が求めた1次導関数 $(X^*)'$ を更に微分すると共に所定係数 K_j を乗じる微分器32と、微分器32の出力 $K_j(X^*)''$ と比例積分増幅器30の

出力とを加算してトルク指令 T^* を求める加算器34と、加算器34が算出したトルク指令 T^* とエンコーダ14が検出した検出位置 X とに基づいて3相電流指令 i^* を求める電流指令演算部36と、電流指令演算部36が算出した3相電流指令 i^* に基づきモータ10へ供給する電流を制御するインバータ38とから構成されている。

【0003】次に動作について説明する。位置指令 X^* は、モータ10の回転位置を検出するエンコーダ14が検出した検出位置 X と共に減算器18に入力され、位置偏差 $Diff$ が求められる。そして、位置偏差 $Diff$ は、乗算器20に入力され、位置ループのゲイン係数 K_p を乗ぜられて $V_{0.111}$ となる。一方、微分器22により位置指令 X^* の時間に対する1次導関数 $(X^*)'$ を求め、1次導関数 $(X^*)'$ と $V_{0.111}$ とは加算器24に入力されて加算され速度指令 V^* となる。更に、速度指令 V^* は減算器28によりエンコーダ14が検出した検出位置 X を微分器26により微分した結果を差し引いて速度偏差 ΔV が求められる。また、位置指令 X^* の時間に対する1次導関数 $(X^*)'$ は微分器32により加速度成分が求められると共に所定係数 K_j を乗じられて $K_j(X^*)''$ となる。一方、速度偏差 ΔV は比例積分増幅器30により比例積分増幅され、比例積分増幅器30の出力は加算器34により微分器32の出力 $K_j(X^*)''$ と加算されてトルク指令 T^* となる。そして、トルク指令 T^* は電流指令演算部36に入力され、電流指令演算部36は、トルク指令 T^* とエンコーダ14が検出した検出位置 X とに基づいて3相電流指令 i^* を求めてインバータ38へ出力し、インバータ38からモータ10への電流を制御する。以上のようにして、モータ10の位置 X と位置指令 X^* は位置偏差 $Diff$ が「0」となるようにフィードバック制御され、その結果モータ10に接続される機械負荷の位置 X' は位置指令 X^* に追従する。なお、微分器32の所定係数 K_j は、モータ10のイナーシャ J_m と機械負荷12のイナーシャ J_L の合計値 $J_m + J_L$ が選ばれる。また、モータ10と機械負荷12とが完全剛体である場合には、電流指令演算部36の入力より、エンコーダ14の出力に至る伝達関数は $(1/J_m + J_L)(1/S^2)$ となり、微分器22、32と直列接続した伝達関数は次式のようになり、

$$S \cdot K_j S \cdot (1/J_m + J_L)(1/S^2) = K_j / J_m + J_L = 1 \cdots (1)$$

外乱が無い場合、位置偏差 $Diff$ は発生しない。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来の駆動制御装置は、以上のように構成されており、モータ10が駆動する機械負荷12が図5に示すようにテーブル52の駆動系であった場合、モータ10の位置 X とテーブル52の位置 X_L は動的には一致しない。テーブル52を指示案

内する案内面は、リニアガイド等の低摺動抵抗の機構を用いることにより、停止時における X と X' との偏差はサブミクロンに押さえることができる。一方、加速時においては、テーブル52の加速度は $0.5G$ （重力加速度）程度に達し、数 $100Kgf$ の力が各部に加わることになる。このため、ベッド54へのモータ10、ボールねじ56の取り付け部、テーブル52のボールねじナット取り付け部等において数 10 ミクロンのたわみが発生する。この動的なたわみ量は、複数の軸間を同期させる場合に問題となり、特に複合旋盤において可動軸の主軸台と刃物台を切削しながら平行移動させる場合に、切削面に凸凹を発生させる。このたわみ量は、テーブル52にインダクトシン等の検出器を取り付けることにより計測可能であるが、加減速中にフィードバックにより誤差を減少させるには位置ループの応答周波数が不十分である。ここで摺動抵抗は、無視できるものとし、ばね定数を K としてモデルを単純化すると、図5は図6により

近似できる。次に、これをブロック線図で表示すると図7のようになり、図7を図2と合わせると、位置指令 X' からテーブル位置 X_i は図8のブロック線図により得られる。次に、図8のブロック線図より位置指令 X' からテーブル位置 X_i への伝達関数 $F(S)$ を求めると、第2式のようなになる。

$$【0005】 F(S) = A/B \quad \dots (2)$$

ただし、 $A = K_j S^2 + (K_p + S)(K_{vp} + K_{vi}/S)$

$$10 \quad B = (J_v + J_L) S^2 + (1 + J_L S^2 / K)(K_p + S)(K_{vp} + K_{vi}/S) + J_v \cdot J_L S^4 / K$$

ここで、剛性が無限大であれば、すなわちばね定数 K が無限大であれば、伝達関数は1となって、

【0006】

【式1】

【0007】

$$\begin{aligned} & \lim_{S \rightarrow \infty} F(S) \\ &= \{K_j S^2 + (K_p + S)(K_{vp} + K_{vi}/S)\} \\ & \quad / \{(J_v + J_L) S^2 + (K_p + S)(K_{vp} + K_{vi}/S)\} \\ &= 1 \quad \dots (3) \end{aligned}$$

【0008】ただし、 $K_j = (J_r + J_l)$

位置指令 X^* とテーブル位置 X_l とは一致するが、剛性が小さくなるほど、かつ負荷イナーシャ J_l が大きくなるほど伝達関数は1よりずれて偏差が大きくなるという課題があった。

【0009】発明の目的

本発明の目的は、モータの加減速時において発生する機械の先端部の位置 X_l と位置指令 X^* との偏差をなくし、複数軸を同期して動作させた場合に、加減速時に各軸間の同期誤差を発生しない駆動制御装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】この発明に係わる駆動制御装置は、モータにより駆動される機械負荷と、位置指令の時間に対する2次導関数の所定係数倍をトルク指令値に対して加算する第1の加算手段と、トルク指令値に対する加算値の所定係数倍を位置補正值として位置指令に対して加算する第2の加算手段と、位置指令補正值の時間に対する1次導関数の所定係数倍を速度補正值として速度指令に加算する第3の加算手段と、位置指令補正值の時間に対する2次導関数の所定係数倍をトルク補正值としてトルク指令値に加算する第4の加算手段と、を備えることを特徴とする。

【0011】

【作用】この発明における駆動制御装置は、位置指令の時間に対する2次導関数の所定係数倍を第1の加算手段によりトルク指令値に対して加算し、トルク指令値に対する加算値の所定係数倍を第2の加算手段により位置補正值として位置指令に対して加算し、位置指令補正值の時間に対する1次導関数の所定係数倍を第3の加算手段により速度補正值として速度指令に加算し、位置指令補正值の時間に対する2次導関数の所定係数倍を第4の加算手段によりトルク補正值としてトルク指令値に加算し、トルク指令値によりモータの入力電流を制

$$K_j = J_r + J_l \quad \dots (5)$$

$$K_l = J_l / K \quad K_j = J_l / K (J_r + J_l) \quad \dots (6)$$

$$K_t = J_r \cdot J_l / K K_j K_l = J_r \cdot J_l / K (J_r + J_l) \cdot (J_l / K (J_r + J_l)) = J_r \quad \dots (7)$$

第(5)式、第(6)式および第(7)式を第(4)式に代入すると、 $F(S) = 1$ となり位置指令 X^* とテーブル位置 X_l とを一致させることができる。

【0014】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、位置指令の時間に対する2次導関数の所定係数倍を第1の加算手段によりトルク指令値に対して加算し、トルク指令値に対する加算値の所定係数倍を第2の加算手段により位置補正值として位置指令に対して加算し、位置指令補正值の時間に対する1次導関数の所定係数倍を第3の加算手段により速度補正值として速度指令に加算し、位置指令補正值の時間に対する2次導関数の所定係数倍を第4の加算手段によりトルク補正值としてトルク指令値に加算し、トルク指令値によりモータの入力電流を制

*算手段によりトルク補正值としてトルク指令値に加算し、トルク指令値によりモータの入力電流を制御することにより機械負荷の位置および速度を制御する。

【0012】

【実施例】以下、この発明の一実施例を図面に基づいて説明する。なお、図4に示した部分と同じ部分には同一符号を付して説明を省略する。駆動制御装置は、図1に示すように、微分器32の出力 $K_j(X^*)$ すなわちトルク T_r に所定係数 K_l を乗じて $K_l T_r$ を出力する乗算器40と、乗算器40の出力 $K_l T_r$ を減算器18が算出した位置偏差 $Diff$ に加算する第2の加算手段としての加算器42と、乗算器40の出力 $K_l T_r$ を微分する微分器44と、微分器44の出力 $(K_l T_r)'$ を減算器28により算出した速度偏差 ΔV に加算する第3の加算手段としての加算器46と、微分器44の出力 $(K_l T_r)'$ を更に微分して所定係数 K_t を乗じる微分器48と、微分器48の出力 $K_t(K_l T_r)''$ を加算器34が算出したトルク指令 T^* に加算する第4の加算手段としての加算器50と、を備えている。なお、前述した加算器34は第1の加算手段である。ここで、図7で示したように、機械系のモデルを想定すると、図1は図2のようになり、ブロックを図3のように整理し、位置指令 X^* に対する機械位置 X_l の伝達関数 $F(S)$ を求めると、第(4)式が得られる。

$$F(S) = C/D \quad \dots (4)$$

$$\text{ただし、} C = K_j S^2 + (1 + K_j K_l S^2) (K_p + S) (K_v p + K_v i / S) + K_j K_l K_t S'$$

$$D = (J_r + J_l) S^2 + (1 + J_l S^2 / K) (K_p + S) (K_v p + K_v i / S) + J_r \cdot J_l S' / K$$

ここで、 $K_j = J_r + J_l$ 、 $K_j K_l = J_l / K$ 、 $K_j K_l K_t = J_r \cdot J_l / K$ となるように K_j 、 K_l 、 K_t を(5)、(6)、(7)式のように選べば、

御することにより機械負荷の位置および速度を制御するように構成したので、モータの加減速時において発生する機械駆動系のたわみ量を予測してフィードフォワード制御することが可能となり、複数軸を同期して動作させた場合に、加減速時の各軸間の同期誤差を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用した駆動制御装置の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明を適用した駆動制御装置の機械系をモデル化した構成を示すブロック図である。

【図3】図2を変形したブロック図である。

【図4】従来の駆動制御装置の構成を示すブロック図である。

【図5】従来の駆動制御装置をテーブル駆動の機械系に適用した構成を示す図である。

【図6】図5の近似モデルを示す図である。

【図7】図6の近似モデルの構成を示すブロック図である。

【図8】従来の駆動制御装置の機械系をモデル化した構成を示すブロック図である。

成を示すブロック図である。

【符号の説明】

10 モータ

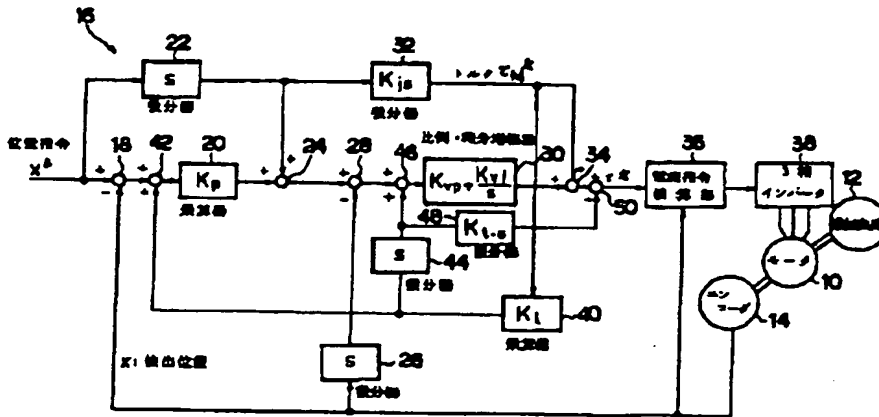
12 機械負荷

14 エンコーダ

34, 42, 46, 50 加算器

【図1】

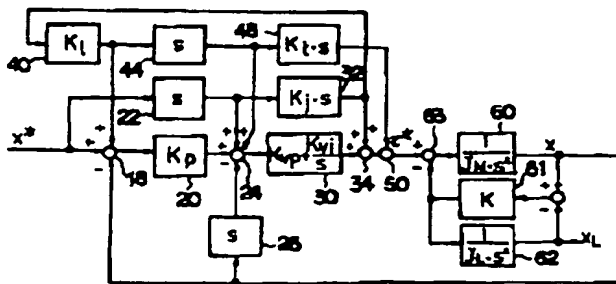
図1 駆動制御装置



【図2】

【図6】

図2



【図7】

図7 近似モデルのブロック図

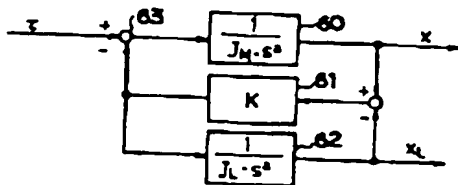
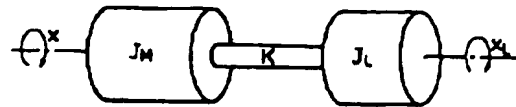
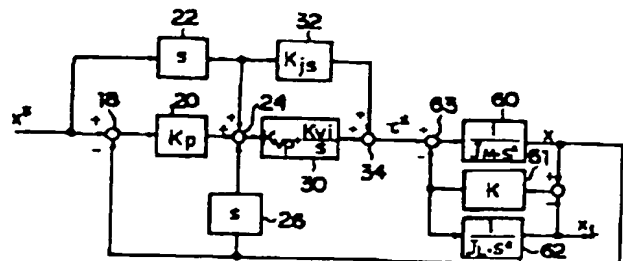


図6 近似モデル



【図8】

図8



3

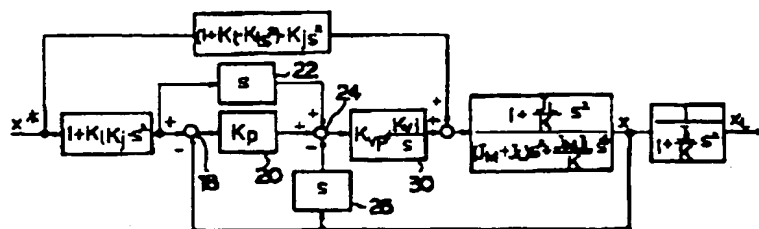


図 4 従来の駆動制御装置

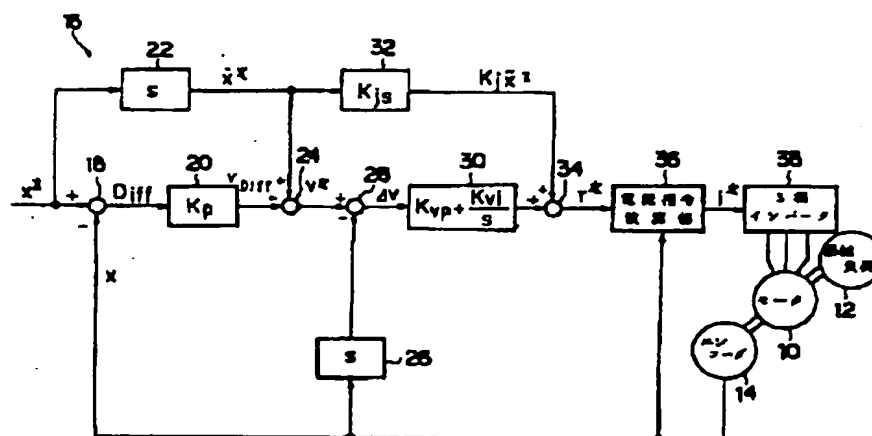
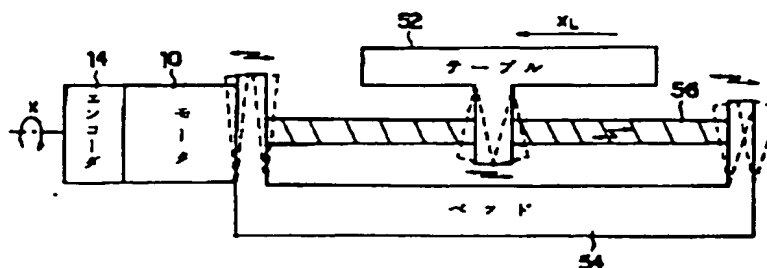


図 5 テーブル駆動系



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.